### CAPITOLUL 4

### 2.1 Problema clasică producător - consumator.

### Sincronizarea firelor de execuţie

Există numeroase situaţii când fire de execuţie separate, dar care rulează concurent, trebuie să comunice între ele pentru a accesa diferite resurse comune sau pentru a-şi transmite dinamic rezultatele "muncii" lor. Cel mai elocvent scenariu în care firele de execuţie trebuie sa comunice între ele este cunoscut sub numele de problema *producătorului/consumatorului*, în care producătorul generează un flux de date care este preluat şi prelucrat de către consumator. Să considerăm de exemplu o aplicaţie Java în care un fir de execuţie (producătorul) scrie date într-un fişier, în timp ce alt fir de execuţie (consumatorul) citeşte date din acelaşi fişier pentru a le prelucra. Sau, să presupunem că producătorul generează numere şi le plasează pe rând într-un buffer, iar consumatorul citeşte numerele din acel buffer pentru a le interpreta. În ambele cazuri avem de-a face cu fire de execuţie concurente care folosesc o resursă comună: un fişier, un vector şi, ele trebuie sincronizate în dependență de activitatea lor. Pentru a înţelege mai bine modalitatea de sincronizare a două fire de execuţie să implementăm efectiv o problemă de tip producător/consumator. Să considerăm următoarea situaţie:

* Producătorul generează numerele întregi de la 1 la 10, fiecare într- un interval aleator cuprins între 0 şi 100 de milisecunde. Pe măsură ce le generează încearcă să le plaseze într-o zonă de memorie (o variabilă întreagă) de unde sa fie citite de către consumator.
* Consumatorul va prelua, pe rând, numerele generate de către producător şi va afişa valoarea lor la ecran.

Pentru a fi accesibilă, ambelor fire de execuţie, vom încapsula variabila ce va conţine numerele generate într-un obiect descris de clasa **Buffer** şi care va avea două metode **put** (pentru punerea unui număr în buffer) şi **get** (pentru obţinerea numărului din buffer). Fără folosirea nici unui mecanism de sincronizare clasa Buffer arată astfel:

class Buffer {

 private int number = -1;

 public int get() {

 return number;

 }

 public void put(int number) {

 this.number = number;

 }

}

Vom implementa acum clasele Producător şi Consumator care vor descrie cele două fire de execuţie. Ambele vor avea o referinţă comună la un obiect de tip Buffer prin intermediul căruia îşi comunică valorile.

class **Producator** extends Thread {

 private Buffer buffer;

 public Producator(Buffer b) {

 buffer = b;

 }

 public void run() {

 for (int i = 0; i < 10; i++) {

 buffer.put(i);

 System.out.println("Producatorul a pus:\t"+ i);

 try {

 sleep((int)(Math.random() \* 100));

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 }

}

class **Consumator** extends Thread {

 private Buffer buffer;

 public Consumator(Buffer b) {

 buffer = b;

 }

 public void run() {

 int value = 0;

 for (int i = 0; i < 10; i++) {

 value = buffer.get();

 System.out.println("Consumatorul a
 primit:\t" + value);

 }

 }

}

//Clasa principală

public class TestSincronizare1 {

 public static void main(String[] args) {

 Buffer b = new Buffer();

 Producator p1 = new Producator(b);

 Consumator c1 = new Consumator(b);

 p1.start();

 c1.start();

 }

}

Rezultatul rulării acestui program nu va rezolva nici pe departe problema propusă de noi, motivul fiind lipsa oricărei sincronizări între cele două fire de execuţie. Mai exact, rezultatul va fi aproximativ următor:

 Consumatorul a primit: -1

 Consumatorul a primit: -1

 Producatorul a pus: 0

 Consumatorul a primit: 0

 Consumatorul a primit: 0

 Consumatorul a primit: 0

 Producatorul a pus: 1

 Producatorul a pus: 2

 Producatorul a pus: 3

 Producatorul a pus: 4

 Producatorul a pus: 5

 Producatorul a pus: 6

 Producatorul a pus: 7

 Producatorul a pus: 8

 Producatorul a pus: 9

Ambele fire de execuţie accesează resursa comună, adică obiectul de tip Buffer, într-o manieră haotică şi acest lucru se întâmplă din două motive :

* consumatorul nu aşteaptă înainte de a citi ca producătorul să genereze un număr şi va prelua de mai multe ori acelaşi număr.
* producătorul nu aşteaptă consumatorul să preia numărul generat înainte de a produce un altul, în felul acesta consumatorul va "rata" cu siguranţă unele numere (în cazul nostru, aproape pe toate).

Problema constă în urmatoarele: cine trebuie să se ocupe de sincronizarea celor două fire de execuţie : clasele Producător şi Consumator sau resursa comună Buffer? Răspunsul este: resursa comună Buffer, deoarece ea trebuie să permită sau nu, accesul la conţinutul său, şi nu firele de execuţie care o folosesc. În felul acesta efortul sincronizării este transferat de la producător/consumator la un nivel mai jos, cel al resursei critice. Activităţile producătorului şi ale consumatorului trebuie sincronizate la nivelul resursei comune în două aspecte:

1. Cele două fire de execuţie nu trebuie să acceseze simultan buffer-ul; acest lucru se realizează prin blocarea obiectului Buffer atunci când este accesat de un fir de execuţie, astfel încât nici un alt fir de execuţie să nu-l mai poată accesa.
2. Cele două fire de execuţie trebuie să se coordoneze, adică producătorul trebuie să găsească o modalitate de a "spune" consumatorului că a plasat o valoare în buffer, iar consumatorul trebuie să comunice producătorului că a preluat această valoare, pentru ca acesta să poată genera o altă valoare. Pentru a realiza această comunicare, clasa Thread pune la dispoziţie metodele **wait, notify, notifyAll**.

Reieşind din cele expuse mai sus clasa Buffer va arăta astfel:

class Buffer {

 private int number = -1;

 private boolean available = false;

 public **synchronized** int get() {

 while (!available) {

 try {

 **wait()**;

 //aşteaptă producatorul să pună o valoare

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 available = false;

 **notifyAll**();

 return number;

 }

 public **synchronized** void put(int number) {

 while (available) {

 try {

 **wait()**;

 //aşteaptă consumatorul să preia valoarea

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 this.number = number;

 available = true;

 **notifyAll**();

 }

}

Rezultatul realizării:

 Producatorul a pus: 0

 Consumatorul a primit: 0

 Producatorul a pus: 1

 Consumatorul a primit: 1

 . . .

 Producatorul a pus: 9

**2.2 Metode de sincronizare a thread-urilor**

###

### 2.2.1 Blocarea unui obiect (cuvântul cheie synchronized)

***Definiţie:* Un segment de cod ce gestionează o resursă comună mai multor fire de execuţie separate şi concurente se numeşte *secţiune critică*.** În Java o secţiune critică poate fi un bloc de instrucţiuni sau o metodă.

Controlul accesului într-o secţiune critică se face prin cuvântul cheie **synchronized**. Platforma Java asociază un monitor fiecărui obiect al unui program ce conţine secţiuni critice care necesită sincronizare. Acest monitor va indica dacă resursa critică este accesată de vreun fir de execuţie sau este liberă, cu alte cuvinte "monitorizează" o resursă critică. În cazul în care este accesată, va "pune un lacăt" pe aceasta, astfel încât să împiedice accesul altor fire de execuţie la ea. În momentul când resursa este eliberată "lacătul" va fi eliminat pentru a permite accesul altor fire de execuţie.

În exemplul tip producător/consumator de mai sus, secţiunile critice sunt metodele **put** şi **get**, iar resursa citică comună este obiectul **buffer**. Consumatorul nu trebuie să acceseze buffer-ul când producătorul tocmai pune o valoare în el, iar producătorul nu trebuie sa modifice valoarea din buffer în momentul când aceasta este citită de către consumator.

 public **synchronized** int get() {

 ...

 }

 public **synchronized** void put(int number) {

 ...

 }

Ambele metode au fost declarate cu modificatorul **synchronized**. Cu toate acestea sistemul asociază un monitor unei instanţe a clasei **Buffer** şi nu unei metode anume. În momentul în care se preiamonitorul, firul de execuţie care a făcut apelul, va bloca obiectul a cărui metodă o accesează, ceea ce înseamnă că celelalte fire de execuţie nu vor mai putea accesa resursele critice. Deoarece mai multe secţiuni critice (metode sincrone) ale unui obiect gestioneazăo singură resursă critică. În exemplul nostru, atunci când producătorul apelează metoda **put** pentru a scrie un număr, va bloca tot obiectul de tip **Buffer**, prin urmare firul de execuţie consumator nu va avea acces la cealaltă metodă sincronă **get**, şi reciproc.

 public synchronized void put(int number) {

 // buffer blocat de producător

 ...

 // buffer deblocat de producător

 }

 public synchronized int get() {

 // buffer blocat de consumator

 ...

 // buffer deblocat de consumator

 }

### 2.2.2 Metodele wait, notify şi notifyAll

Obiectul de tip **Buffer** din exemplu de mai sus are o variabilă membră privată numită **number**, în care este memorat numărul pe care îl comunică producătorul şi din care îl preia consumatorul. Variabilă privată logică **available**,care indică starea buffer-ului: dacă are valoarea **true** înseamnă că producătorul a plasat o valoare în buffer şi consumatorul nu a preluat-o încă; dacă este **false**, consumatorul a preluat valoarea din buffer, dar producătorul nu a plasat alta în buffer. Metodele clasei **Buffer** sunt:

 public synchronized int get() {

 if (available) {

 available = false;

 return number;

 }

 }

 public synchronized int put(int number) {

 if (!available) {

 available = true;

 this.number = number;

 }

 }

Realizarea acestor metode nu va genera un rezultat corect, deoarece firele de execuţie, nu sincronizează accesul la buffer. Situaţiile în care metodele **get** şi **put** nu fac nimic, vor duce la pierdereaunor numere de către consumator, sau preluarea aceluieși număr de două ori. Aşadar, cele două fire de execuţie trebuie să se aştepte unul pe celălalt.

 public synchronized int get() {

 while (!available) {

 //nimic - aştept ca variabila să devină true

 }

 available = false;

 return number;

 }

 public synchronized int put(int number) {

 while (available) {

 //nimic - aştept ca variabila să devină false

 }

 available = true;

 this.number = number;

 }

Programul nu este corect, deoarece cele două metode îşi aşteaptă în mod ”egoist” condiţia de terminare. Ca urmare, corectitudinea funcţionării va depinde de sistemul de operare, ceea ce reprezintă o greşeală de programare. Punerea corectă a unui fir de execuţie în aşteptare se realizează cu metoda wait a clasei Thread, care are trei forme:

 void wait( )

 void wait( long timeout )

 void wait( long timeout, long nanos ).

După apelul metodei **wait**, firul de execuţie curent eliberează monitorul asociat obiectului respectiv şi aşteaptă ca una din următoarele condiţii să fie îndeplinită:

* un alt fir de execuţie informează pe cei care "aşteaptă" la un anumit monitor să se "trezească"; acest lucru se realizează printr-un apel al metodei **notifyAll** sau **notify**.
* perioada de aşteptare specificată a expirat.

Metoda **wait** poate produce excepţii de tipul InterruptedException, atunci când firul de execuţie este în starea de așteptare -Not Runnable este întrerupt din aşteptare şi trecut forţat în starea Runnable. Metoda notifyAll informează toate firele de execuţie, care sunt în aşteptare la monitorul obiectului curent, îndeplinirea condiţiei pe care o aşteptau. Metoda notify informează doar un singur fir de execuţie.Varianta corectă a metodelor get şi puteste:

public synchronized int get() {

 while (!available) {

 try {

 wait();

//aşteaptă producătorul să pună o valoare

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 available = false;

 notifyAll();

 return number;

}

public synchronized void put(int number) {

 while (available) {

 try {

 wait(); //aşteaptă consumatorul să preia valoarea

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 this.number = number;

 available = true;

 notifyAll();

}}

**2.2.3 Bariere**

În aplicaţiile multithreading este necesar, ca anumite thread-uri să se sincronizeze la un anumit punct. Un exemplu este calculul paralel în faza, în care toate thread-urile trebuie să-şi termine faza de execuţie înainte de a trece, toate concomitent la faza următoare. O **barieră**este un mecanism folosit pentru a sincroniza mai multe thread-uri. Un thread care întâlneşte o barieră intră automat în wait(). Când ultimul thread "ajunge" la barieră, semnalează (notify()) celorlalte thread-uri, care sunt în aşteptare, rezultând o "trecere" în grup a barierei. Iată un exemplu în acest sens:

import java.util.\*;

class Barrier { // Clasa Barrier sincronizează toţi

//participanţii private

 int ParticipatingThreads;

 private int WaitingAtBarrier;

 public Barrier(int num){ //Constructorul

 ParticipatingThreads = num;

 WaitingAtBarrier=0;

 }

 public synchronized void Reached(){

 //Metoda bariera

 WaitingAtBarrier++;

 if(ParticipatingThreads != WaitingAtBarrier){

 //Inseamna ca thread-ul nu este ultimul

 try {
 wait(); //Thread-ul este oprit până ce
 //este eliberat
 } catch (InterruptedException e) { }

 } else {  // Acesta a fost ultimul thread activ
 notifyAll();
 WaitingAtBarrier=0;//le eliberează pe toate
 }
  }
}

Ajungând la barieră toate thread-urile, în fară de ultimul, asteaptă în interiorul metodei synchronized ca ultimul thread ajuns să le ”trezească”. După ce s-au "trezit" un fir de execuție preia monitorul. Celelalte thread-uri continuă să concureze pentru monitor. Numărul de thread-uri participante trebuie să fie cunoscut. În caz contrar se filosește un mecanism de înregistrare a participanţilor.

**Lucrare de laborator nr. 4**

**1. Tema lucrării:**

Sincronizarea thread-urilor în Java.

**2. Scopul lucrării:**

Însuşirea metodelor de sincronizare a thread-urilor

**3. Etapele de realizare:**

1. Utilizarea clasei Threadpentru crearea unei clase noi;
2. Utilizarea interfeţei Runnable pentru crearea şi lansarea de thread-uri;
3. Implementarea clasei producător;
4. Implementarea clasei consummator;
5. Sincronizarea thread-urilor prin diferite metode:
6. a) utilizând variabile logice;

b) utilizând monitoare (synchronized).

4. Exemplu de realizare:

public class Producer extends Thread {

 private CubbyHole cubbyhole;

 private int number;

 public Producer(CubbyHole c, int number) {

 cubbyhole = c;

 this.number = number;

 }

 public void run() {

 for (int i = 0; i < 10; i++) {

 cubbyhole.put(i);

 System.out.println("Producer #" +
 this.number + " put: " + i);

 try {

 sleep((int)(Math.random() \* 100));

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 }

}

public class Consumer extends Thread {

 private CubbyHole cubbyhole;

 private int number;

 public Consumer(CubbyHole c, int number) {

 cubbyhole = c;

 this.number = number;

 }

 public void run() {

 int value = 0;

 for (int i = 0; i < 10; i++) {

 value = cubbyhole.get();

 System.out.println("Consumer #" +
 this.number + " got: " + value);

 }

 }

}

public class ProducerConsumerTest {

 public static void main(String[] args) {

 CubbyHole c = new CubbyHole();

 Producer p1 = new Producer(c, 1);

 Consumer c1 = new Consumer(c, 1);

 p1.start();

 c1.start();

 }

}

class CubbyHole {

 private int number = -1;

 private boolean available = false;

 public **synchronized** int get() {

 while (!available) {

 try {

 **wait()**;

 //aşteaptă producatorul să pună o valoare

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 available = false;

 **notifyAll**();

 return number;

 }

 public **synchronized** void put(int number) {

 while (available) {

 try {

 **wait()**;

 //aşteaptă consumatorul să preia valoarea

 } catch (InterruptedException e) { }

 }

 this.number = number;

 available = true;

 **notifyAll**();

 }

}

5. Probleme propuse spre realizare:

X producători generează aleatoriu F obiecte care sunt consumate de Y consumatori. De afişat informaţia despre producerea şi consumarea obiectelor, mesajele despre cazurile când “depozitul e gol sau plin”. Toate operaţiile se efectuează până când fiecare consumator este îndestulat cu Z obiecte.

Dimensiunea depozitului este D. Valorile pentru X, Y, Z, D sunt indicate în Tabelul 3.

Tabelul 3 Variantele pentru realizarea sarcinii

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Nr. | X | Y | Z | D | Tip Obiecte |
| 1 | 2 | 3 | 11 | 8 | Numere pare |
| 2 | 3 | 4 | 2 | 5 | Numere impare |
| 3 | 4 | 3 | 3 | 10 | Vocale |
| 4 | 3 | 2 | 12 | 11 | Consoane |
| 5 | 2 | 5 | 3 | 12 | Numere pare |
| 6 | 2 | 4 | 4 | 7 | Numere impare |
| 7 | 3 | 3 | 5 | 6 | Vocale |
| 8 | 4 | 2 | 4 | 5 | Consoane |
| 9 | 5 | 2 | 3 | 4 | Numere pare |
| 10 | 3 | 3 | 5 | 2 | Numere impare |
| \* fiecare producător poate produce câte 2 obiecte de fiecare dată |

1. **Întrebări de verificare:**
	1. Pentru ce se folosește sincronizarea firelor de execuție în Java?
	2. Pentru ce se folosește clasa BUFFER și care sunt metodele acesteia?
	3. Pentru ce se folosesc metodele: wait, notify, și notifyAll, cărei clase aparțin acestea?
	4. Pentru ce se folosește modificatorul synchronized?
	5. Pentru ce se folosește mecanismul barieră?